

Page Denied

Next 10 Page(s) In Document Denied

OCHRONA PRACY

ORGAN CENTRALNEJ RADY ZWIĄZKÓW ZAWODOWYCH I CENTRALNEGO INSTYTUTU OCHRONY PRACY

Rok 16

SIERPIEŃ — WRZESIEŃ 1961

Nr 8-9 (167)

Z PRAC i działalności CIOP

STAT

Z badań nad akustyczną koagulacją aerozoli

(Referat na III Światowy Kongres Zwalczenia Zagrożeń Zawodowych w Paryżu, maj 1961 r.)

Akustyczną koagulację aerozoli zaczęto się w Polsce szerzej zajmować ok. 1950 r.

Pierwsze badania rozpoczęto w Zakładzie Wietrzenia i Klimatyzacji CIOP w 1953 r.

Syrena przedstawiona na rys. 1 była zbudowana jako promieniowa. Częstotliwości generowano w zakresach $3 \div 22$ kHz.

Po przebadaniu syreny w laboratorium ZWK, zbudowano doświadczalne stoisko półtechniczne w Zakładach Cynkowych w Szopienicach (rys. 2), przy piecu do wytapiania miedzi ze złomu (3, 4, 5).

Moc akustyczna syreny przy częstotliwości 3 kHz, wydanku powietrza wirnikowego ok. $620 \text{ m}^3/\text{h}$ i ciśnieniu ok. 2 atm wynosiła ok. 1200 W, a następnie po pewnych przeróbkach napędu, przy częstotliwości 1,55 kHz — ok. 1400 W.

Badania prowadzono głównie nad strącaniem aerozoli tlenku cynku. Najlepsze wyniki osiągnięto przy niższych częstotliwościach w zakresie $2,55 \div 3,00$ kHz, przy których osiągnięto dość wysoki stopień oczyszczenia gazów, przekraczający 90% i osiągający 95%.

Na podstawie prowadzonych badań stwierdzono, że koagulacja przebiega sprawnie nawet w dość słabym polu akustycznym, rzędu $0,1 \text{ W/cm}^2$, co jest zgodne z opinią Węgrów Tarnoczi i Gregussa (7) oraz Japończyków Oyama, Inoue i innych (6).

Instalacja pracowała na zasadzie przeciwprądu fal akustycznych w stosunku do przepływu gazów oczyszczanych (rys. 3).

Badania przeprowadzano przez dość długi okres czasu od 1953 do 1956 r. a następnie w 1958 i 1959 r.

Pozytywne rezultaty naszych badań wzbudziły znaczne zainteresowanie zarówno u nas, jak i za granicą (1 i 2). Komisja Technicznego Oczyszczania Atmosfery Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego przy Polskiej Akademii Nauk postanowiła kontynuować badania rozpoczęte przez CIOP. Dzięki pomocy finansowej PAN została zaprojektowana i zbudowana nowa syrena (rys. 4) o niedużej mocy akustycznej z przenośnym stoiskiem, którą można bez większych trudności ustawiać dla badań nad oczyszczaniem gazów przemysłowych w dowolnym miejscu.

Zastosowanie do badań w terenie niedużej instalacji półtechnicznej jest wskazane, ponieważ wyniki badań w warunkach laboratoryjnych niejednokrotnie różnią się znacznie od wyników strzymanywanych w przemysłowych warunkach pracy, przy czym na podstawie rezultatów otrzymanych w laboratorium nie zawsze udaje się odpowiedzieć na pytanie, czy można i czy się opłaca koagulowanie danych aerozoli metodą akustyczną.

Nowa syrena PAN-CIOP została zbudowana również na zasadzie syreny promieniowej, z tą jednak różnicą, że powietrze wypływające z otworów wirnika jest skierowane do wewnątrz (rys. 5). Wirnik 1 składa się z kilku następujących elementów: a — pierścieniowej tuby akustycznej, b — paraboidalnego reflektora stożkowego i c — wentylatora. Od reflektora b odbijają się generowane fale akustyczne i kierują się następnie równoległe do osi syreny w formie skoncentrowanej wiązki.

Wentylator c spełnia podwójną rolę. Po pierwsze, w pewnych przypadkach — zwłaszcza przy koagulacji aerozoli ciekłych — wentylator ten zasysa gaz oczyszczany

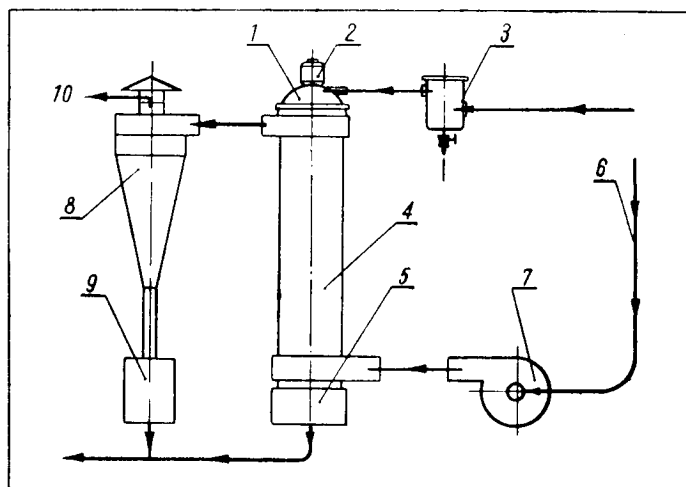


Rys. 1. Syrena CIOP na stoisku w laboratorium ZWK

poprzez najbardziej skoncentrowane pole akustyczne w bezpośrednim sąsiedztwie tuby akustycznej *a*, a następnie usuwa go na zewnątrz poprzez komorę *e*. W ten sposób, gaz wchodzący do kolumny koagulacyjnej od dołu stopniowo przechodzi przez coraz silniejsze pole akustyczne. Po drugie, w tych przypadkach, w których nie jest wskazane rozcieńczanie gazu oczyszczanego przez powietrze, u nasady stożka zakłada się tarczę 3 (linia przerywana na rys. 5) o odpowiedniej szerokości, tworzącą wąską szczelinę obwodową, po czym regulując zaworami (nie pokazanymi na rys. 5) odsysanie powietrza wirnikowego skierowuje się do wewnątrz kolumny koagulacyjnej „czyste” fale dźwiękowe. Gaz nadzwiekowany mija syrenę i jest odsysany przez dodatkowy wentylator 5, pokazany na rys. 6.

Syrenę ustawiono na kolumnie o długości 10 m i średnicy 0,6 m. Na wejściu do kolumny ustawiono jedną baterię multicyklonów, na wyjściu zaś — drugą.

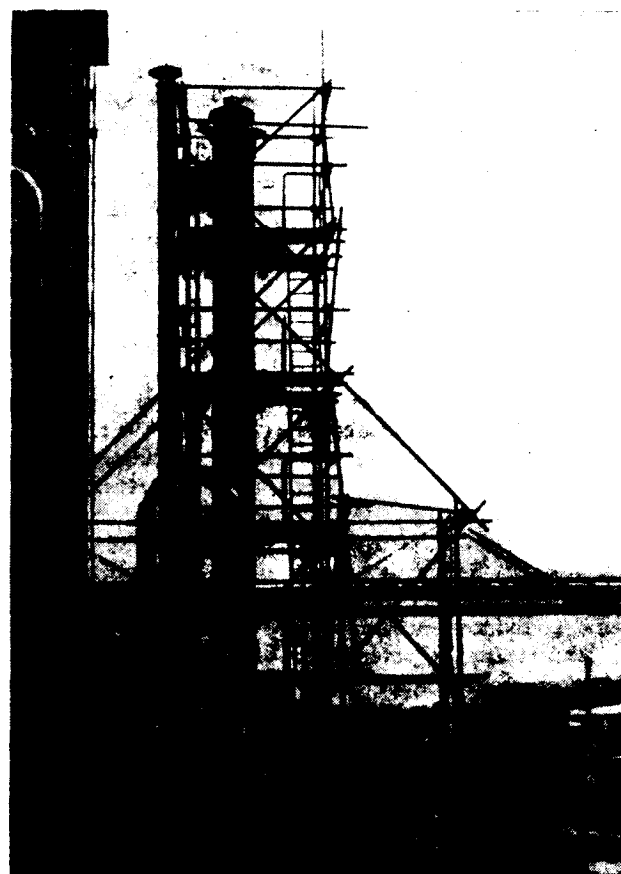
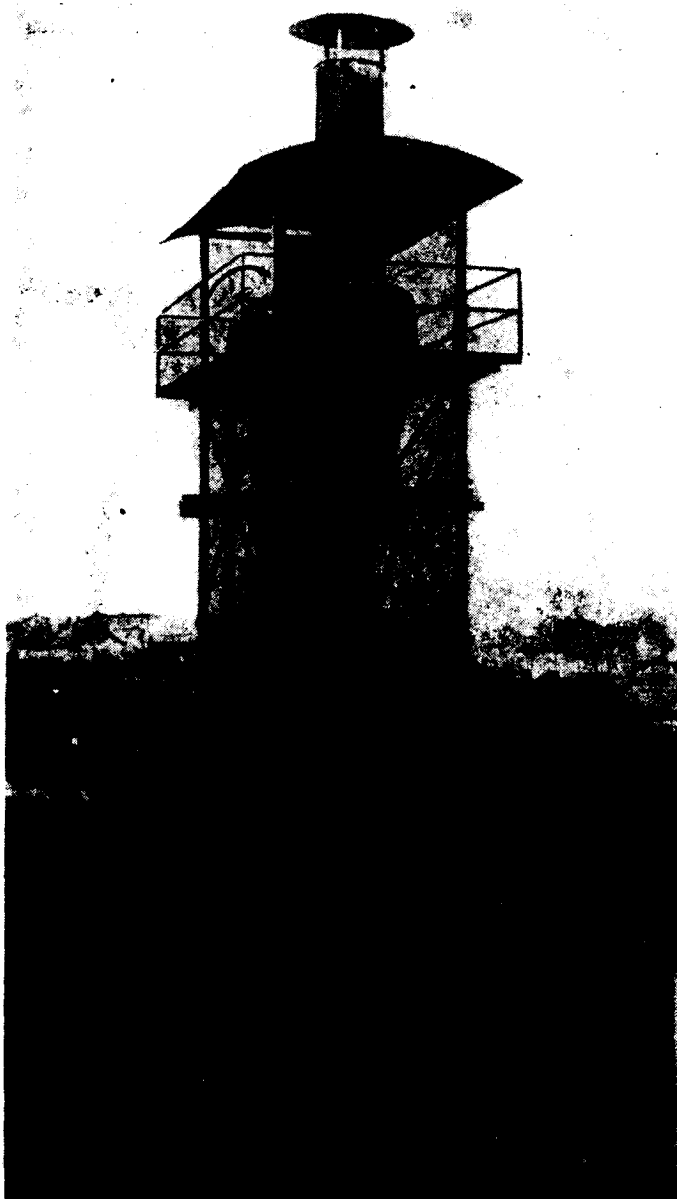
Baterie multicyklonów są połączone pomiędzy sobą przewodami w ten sposób, że w razie potrzeby można je łączyć w jedną tylko baterię służącą do wstępnego



Rys. 3. Schemat instalacji ultradźwiękowej CIOP: 1 — syrena, 2 — silnik, 3 — filtr powietrza sprężonego, 4 — kolumna koagulacyjna, 5 — zbiornik pyłu, 6 — dopływ gazu zapyłonego, 7 — wentylator, 8 — cyklon, 9 — drugi zbiornik pyłu, 10 — wylot gazu oczyszczonego

oczyszczania gazów z grubszych cząstek pyłów lub też tylko do oczyszczania końcowego. W czasie ostatnio przeprowadzonych badań musiano całkowicie odłączyć multicyklony, gdyż ze względu na własności strącanych pyłów zachodziła obawa, że mogą one zalepić te odpylniki. W ten sposób powstał bardzo prosty układ — pojedyncza kolumna koagulacyjna z ustawioną na niej syreną.

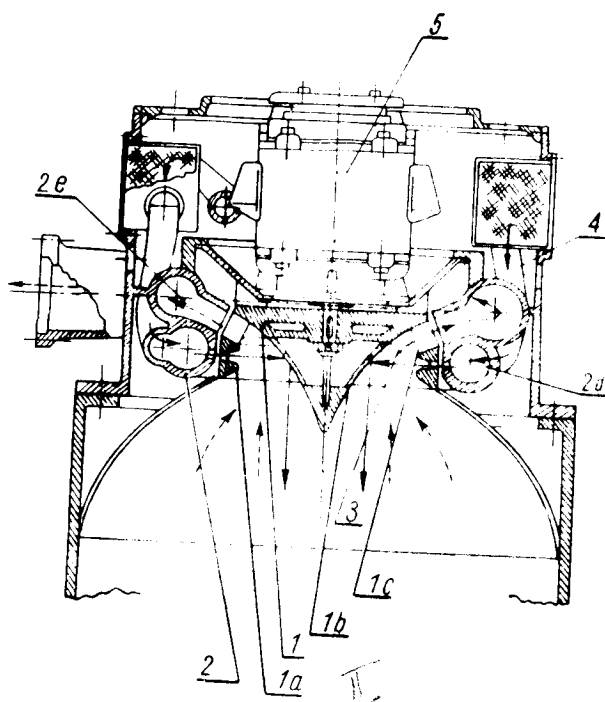
Moc akustyczna syreny wynosiła ok. 200 W przy częstotliwości ok. 1,5 kHz, ciśnieniu powietrza wirnikowego ok. 2 atn i wydatku ok. 135 m³/h. W czasie dalszych badań



moc syreny bardzo zmniejszyła się ze względu na zwiększenie szczeliny pomiędzy stojanem a wirnikiem wskutek korozji. (Wiadomo jest, że szerokość szczeliny pomiędzy wirnikiem i stojanem musi być nie większa niż kilka setnych mm (8), gdyż wraz ze zwiększeniem się jej — akustyczna moc syreny gwałtownie spada.)

W czasie pracy na stoisku zauważono drgania rezonansowe ścianek kolumny wyższego rzędu (zwłaszcza w odległości ok. 2,5 m od syreny), które przenosiły się i na gaz przepływający przez kolumnę, co sprzyjało strącaniu drobniejszych cząsteczek pyłu.

Badania nad zastosowaniem instalacji PAN-CIOP do koagulacji bezwodnika kwasu ftalowego przeprowadzono w przemyśle, w czasie jego produkcji. Bezwodnik kwasu ftalowego ($C_6H_4O_3$) w połączeniu z wodą (np. z wilgocią atmosferyczną) tworzy kwas ftalowy, który drażni błonę śluzową i skórę, szkodliwie oddziałuje na oczy, gardło, tchawicę i płuca, może także powodować egzemy skóry lub owrzodzenia. Opary lub zawiesiny kryształków bezwodnika tworzą z powietrzem mieszaninę wybuchową.



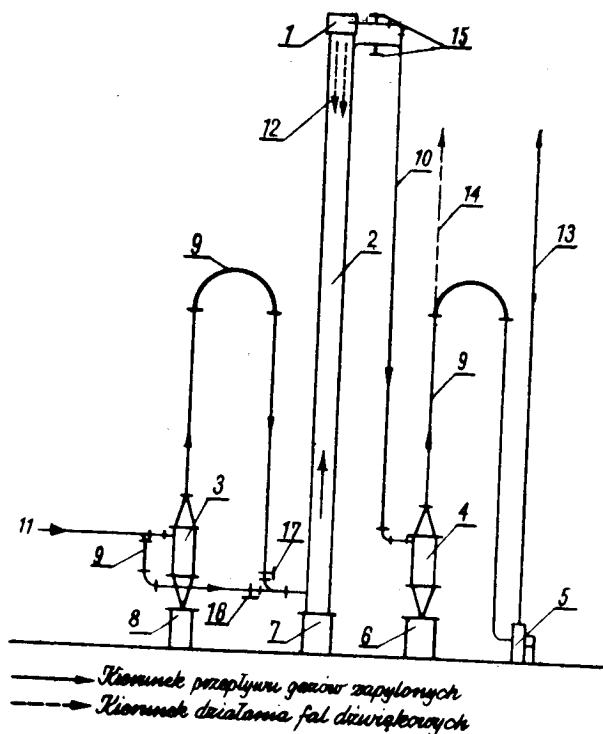
Rys. 5. Schemat syreny PAN-CIOP: 1 — wirnik złożony z: a — pierścieniowej tuby akustycznej, b — parabolicznego reflektora stożkowego, c — wentylatora; 2 — stojan złożony z: d — komory doprowadzającej powietrze, e — komory odprowadzającej gaz oczyszczony przy odsłoniętym wentylatorze; 3 — tarcza ograniczająca przepływ gazu przez wentylator; 4 — przewody doprowadzające powietrze do wirnika; 5 — silnik

Praca przy produkcji bezwodnika ftalowego jest szkodliwa i nieprzyjemna. Robotnicy muszą pracować w okularach ochronnych, respiratorach i rękawicach (9).

Bezwodnik, uchodzący z instalacji produkcyjnej z gazami pokondensacyjnymi do atmosfery, kondensuje się w postaci kryształków i całych śnieżnobiałych płatków, które osiadają nie tylko w pobliżu zakładów, lecz są unoszone dalej przez wiatr. Drzewa iglaste i kwiaty chorują, a nawet giną, i to w dość dużej odległości od źródła wydzielania się bezwodnika ftalowego.

Badania prowadzono początkowo w ciągu 135 godz. bez przerwy, a następnie przepracowano 99,5 godz. z przerwami od 1 do 2 godz. Przerwy były niezbędne do oczyszczenia komór kondensacyjnych. Badania prowadzono również i przy syrenie zatrzymanej (bez nadźwiękowania) w ciągu 21,5 godz.

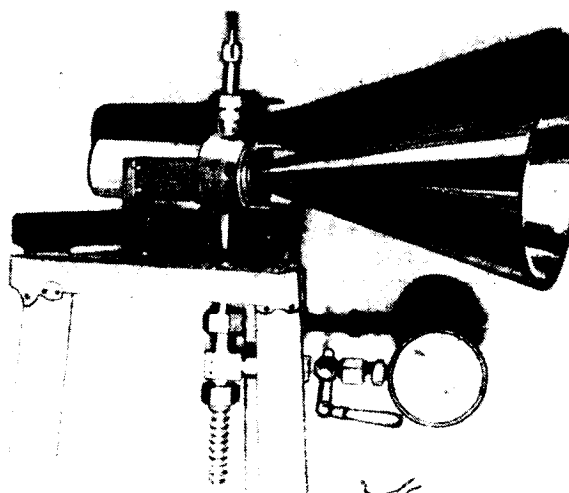
W czasie badań zmieniano ilość gazu nadźwiękowanego i częstotliwość fal generowanych. Pomiar wykazał, że otrzymano największą ilość wytrąconego bezwodnika przy częstotliwości 1,5 kHz i przy ilości gazu nadźwiękowanego ok. 1200 m³/godz.



Rys. 6. Schemat instalacji PAN-CIOP: 1 — syrena, 2 — kolumna koagulacyjna, 3 — multicyklon wstępny, 4 — multicyklon końcowy, 5 — wentylator, 6, 7 i 8 — zbiorniki pyłów wytrąconych, 9, 10 — przewody rurowe do gazu, 11 — wlot gazu, 12 — kierunek działania fal akustycznych, 13, 14 — wylot gazów oczyszczonych, 15, 16 i 17 — zasowy

Zasadnicze wyniki przeprowadzonych badań podają tablice I i II. W tablicach tych wyniki oznaczone lp. 5, 9 i 10 wykazują anormalnie niski stopień oczyszczenia gazów. Rezultat badania 5 daje się wytłumaczyć zbyt niskim ciśnieniem gazu wirnikowego (0,7 atn), rezultat badania 9 — zbyt wysokimi częstotliwościami nadźwiękowania (3800 Hz), a w czasie badania 10 — ilość gazu nadźwiękowanego wynosiła 1490 m³/godz. i przekraczała ilość optymalną, wynoszącą ok. 1200 m³/godz.

Średnia arytmetyczna dziewięciu pozostałych liczb wynosi: (98,5 + 95,3 + 90,5 + 82,5 + 80 + 90 + 86 +



Rys. 7. Laboratoryjna syrena statyczna CIOP PAN

+ 93) : 9 = 89,75%, a więc ok. 90%. Zwraca jednak uwagę fakt, że w sześciu przypadkach stopień oczyszczania gazu był większy niż 90%, a w dwóch znacznie większy (98,5 i 95,3%), wobec czego należy oczekiwać, że w instalacji przemysłowej uda się uzyskać trwale wyższą przeciętną niż wypada z obliczenia.

Badania instalacji przy syrenie zatrzymanej wykazały, że stopień oczyszczania gazu znacznie zmniejszał się, co podaje tabl. II. Kolumna działała wtedy tylko jako komora kondensacyjna. Bezwodnik miał tendencję do osiadania na ściankach przewodów i kolumny koagulacyjnej, tworząc miejscami dość grubą warstwę (do 20 mm). Miało to wpływ na wynik 4, który jest wątpliwy, gdyż w czasie pomiarów zauważono odrywanie się bezwodnika nalepionego na ściankach, co mogło zwiększyć pozorne zapylenie gazu dolotowego i wpłynąć na lepszy wynik końcowy.

Średnia arytmetyczna z pierwszych trzech liczb wyniosła $(69 + 57 + 69,5) : 3 = 65,16\%$, stąd zysk wskutek działania fal akustycznych będzie: $(90 - 65,16) = 24,84\%$, a więc ok. 25%. W rzeczywistości osiągnęliśmy przy wcześniejszych badaniach (3) wyższy procent.

Zawartość bezwodnika ftalowego w gazach oczyszczonych wahała się w granicach od 0,0302 gr/m³ do 0,51 gr/m³, przeciętna — 0,45 gr/m³.

Stosunek gazu wirnikowego do oczyszczanego wynosił:

$$\frac{135}{2000} = \frac{1}{14,8}; \frac{135}{1500} = \frac{1}{11,2}; \frac{132}{1200} = \frac{1}{9,1}; \frac{132}{1000} = \frac{1}{7,6}$$

Najkorzystniejszy był stosunek ok. 9,0.

Innym interesującym efektem był zauważony wpływ nadźwiękowania na skład chemiczny osadu. Otrzymano

Tablica I

Zestawienie wyników badań nad oczyszczaniem gazu w czasie pracy syreny

Lp.	Data	Godzina pomiaru	Ciśnienie gazu w wirniku atn	Częstotliwość Hz	Stopień oczyszczenia gazu %
1	8.IX.60	10.00	2,1	1 600	98,5
2	15.IX.60	10.30	1,6	3 000	95,3
3	15.IX.60	19.00	2,4	900	90,5
4	6.X.60	10.00	1,9	1 000	82,5
5	6.X.60	11.30	0,7	1 500	71,2
6	6.X.60	13.30	2,0	2 200	80,0
7	6.X.60	15.30	2,0	1 500	90,0
8	6.X.60	16.30	2,5	1 500	92,0
9	7.X.60	8.00	2,0	3 800	76,1
10	7.X.60	9.00	2,0	1 500	79
11	7.X.60	11.00	2,0	1 500	86,0
12	7.X.60	11.30	2,0	1 500	93,0

Tablica II

Zestawienie wyników badań nad oczyszczaniem gazu przy syrenie zatrzymanej

Lp.	Data	Czas trwania badania godz.	Stopień oczyszczenia gazu %
1	15.IX.60	20.00	69,0
2	16.IX.60	18.00	57,0
3	6.X.60	16.00	69,5
4	7.X.60	10.00	74,6

np 2,62 do 2,80, a nawet i 4,94% naftochinonu wobec 1% przy normalnej produkcji bezwodnika, bez nadźwiękowania, co może być korzystne w przypadku pozyskiwania naftochinonu do dalszego użytku.

Wytrącony pod kolumną koagulacyjną pył zawierał następujące ilości czystego bezwodnika ftalowego: dn. 25.6.1960 r. — 90,48%, 26.6.1960 r. — 90,46% i 16.9.60 r. — 89,23%.

Ilość bezwodnika w gazach była na ogół nierównomierna i wahała się w granicach od 1,5 do 4,6 gr/m³. Również temperatura gazu oczyszczanego wahała się na wejściu do kolumny w granicach 70°C — 32°C, a na jej wyjściu — 16° ÷ 37°. Należy podkreślić, że najniekorzystniejsze warunki do wytrącania bezwodnika zaobserwowano przy wysokich temperaturach.

Wskaźniki techniczno-ekonomiczne

Jako gaz wirnikowy stosowaliśmy azot, który znajdował się w zakładzie w nadmiarze. Koszt 1000 m³ azotu sprężonego do 2,5 atn — 396 złotych. Cena sprzedaży 1 tony bezwodnika wynosi ok. 2500 zł, a do oczyszczenia 1000 m³ gazu używano:

azotu 125 m ³ à 0,398 zł.	49,80 zł
prądu elektrycznego do napędu syreny wentylatora i urządzeń pomocniczych ok. 2 kWh à 0,24 zł	0,48 zł
Razem:	50,28 zł

Średnio z 1000 m³ gazu odzyskiwano (osadzano) ok. 3,5 kg 90% bezwodnika, czyli 1 kg takiego bezwodnika kosztował:

$$50,28 : 3,5 = 14,4 \text{ złotych (1440 zł/tona)}$$

Dalsze prace z tego kierunku zastosowania w powstającym syrenie nowego typu — statycznych CIOP opracował wspólnie z Instytutem Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk syrenę gwizdkową (rys. 1), opartą na gwizdkach B. Leśniaka (2), zbudowanych na zasadzie dyszy de Levala. Przeprowadzenie laboratoryjnej pozwoliło na ustalenie właściwych parametrów do wykonania statycznej syreny typu przemysłowego.

B. Mączewski-Rowiński

WYKAZ PISMIENICTWA

1. Boucher R.: Contribution à l'Etude des Ultrasons Aériens: Production et Applications. Publ. Scientifiques et Techn. du Min. de l'Air., Notes Techniques 1958, Mag. C.T.O. 2 Av. Porte d'Issy, Paris (15^e).
2. Boucher R. M. G.: Ultrasonic Research Behind the Iron Curtain. Ultrasonic News, Fourth Quarter 1953, s. 6—9, Stamford Conn. USA.
3. Mączewski-Rowiński B.: Syrena nadzźwiękowa Centralnego Instytutu Ochrony Pracy. Biuletyn nr 6, Polska Akademia Nauk, Komitet GOP, Komisja Oczyszczania Atmosfery, Warszawa 1956.
4. Mączewski-Rowiński B.: Syrena ultradźwiękowa CIOP. Prace Centralnego Instytutu Ochrony Pracy, zesz. 20, Warszawa PWT, 1/1957.
5. Mączewski-Rowiński B.: Dust Abatement from Industrial Gases by Means of a Siren Developed by the Air Pollution Control Commission of the Polish Academy of Sciences and of the Central Institute for Labour Protection. The Proc. Internat. Clean Air Confer., London, 20—23 oct. 1959, s. 160—167, Nat. Soc. Clean Air, London, 1960.
6. Oyama Y., Inoue I., Sawahata Y., Okada M.: On the Sonic Agglomeration and collection system. Journ. of the Scient. Research Institute, Vol. 48, December 1954.
7. Tarnoczy L., Greguss P.: Odzyskiwanie pyłu metodą akustyczną. Magyar Technika, nr 5, 1931 (po węgiersku).
8. Tzedilin S. A., Tzedilin V. V.: A siren for acoustical coagulation of aerosols. Akustyczny Zurnal Ak. Nauk ZSRR, T. VII, wyd. 1, s. 78—86 (po rosyjsku).
9. Rokossowski Z.: Zagrożenia przy produkcji bezwodnika ftalowego. Ochrona Pracy, nr 1, 1956, s. 34—37.